

Química en contexto: un accidente químico y la reacción del sodio con el agua

Química en context: un accident químic i la reacció del sodi amb l'aigua

Chemistry in context: a chemical accident and the reaction of sodium with water

Grupo «A Maxia da Química»:

Constantino Álvarez Muíña / IES Rosalía de Castro (Santiago de Compostela)

M^a Elena López Prada / IES Miraflores (Oleiros)

Mercedes Neira González / IES de Ames (Ames)

Mariano Pazos Afonso / IES A Sardiñeira (A Coruña)



resumen

Un accidente marítimo en el que un barco de carga que transportaba sodio se hundió, causando una catástrofe medioambiental, se utilizó como ejemplo para diseñar tres experimentos de laboratorio. Estos experimentos ponen de relieve diferentes aspectos de la reacción entre el sodio y el agua. En el primer experimento se trata de reproducir en el laboratorio, a pequeña escala, el naufragio del carguero. En el segundo experimento analizamos un procedimiento seguro para llevar a cabo la misma reacción que nos permite observar los resultados. Y, por último, en el tercer experimento se busca el uso cuantitativo de la reacción.

paraules clau

Contexto, reacción química, sodio, medio ambiente, experimento de laboratorio.

resum

Un accident marítim en el qual un vaixell de càrrega que transportava sodi es va enfonsar, i va causar una catàstrofe mediambiental, es va utilitzar com a exemple per dissenyar tres experiments de laboratori. Aquests experiments posen de relleu diferents aspectes de la reacció entre el sodi i l'aigua. En el primer experiment es prova de reproduir al laboratori, a petita escala, el naufragi del vaixell de càrrega. En el segon experiment analitzem un procediment segur per dur a terme la mateixa reacció que ens permet observar els resultats. I, finalment, en el tercer experiment se cerca un ús quantitatiu de la reacció.

paraules clau

Context, reacció química, sodi, medi ambient, experiment de laboratori.

abstract

A maritime accident where a freighter carrying sodium sank, and which caused an environmental catastrophe, was used as the example for three laboratory experiments. These experiments highlighted different aspects of the reaction between sodium and water. In the first experiment, we attempted recreate a small scale version of the sinking of the freighter. In the second experiment, we used a controlled procedure to carry out the reaction and we observed the results. In the last experiment, we tried to find a quantitative use for the reaction.

keywords

Context, chemical reaction, sodium, environment, laboratory experiment.

Introducción

Observando el grave deterioro de la enseñanza de la química en las últimas décadas, nos hemos propuesto acercar nuestra materia a los alumnos de la manera más motivadora posible.

Nuestra experiencia como profesores de física y química de secundaria nos llevó a pensar que la enseñanza de nuestra materia adolecía de al menos dos problemas: el primer problema era la actitud que inicialmente los alumnos presentaban ante la asignatura de Física y química, a la que se acercaban con desconfianza, considerándola incomprendible, difícil y poco relacionada con su vida diaria; el segundo problema estaba relacionado con los resultados académicos que alcanzaban nuestros alumnos: un bajo índice de aprobados, en comparación con otras materias que tenían otra consideración por parte del alumnado y que eran abordadas con más interés.

Intentando proponer soluciones a estos dos problemas iniciales, y puesto que nuestro campo de trabajo fundamentalmente es experimental, hemos considerado la posibilidad de centrarnos en las experiencias de laboratorio espectaculares. Considerando, también, que nuestro alumnado es de secundaria y que la materia es obligatoria en el currículo, hemos buscado sorprender al alumnado para captar su atención y después hemos aprovechado ese interés inicial para profundizar en contenidos teóricos.

Por otro lado, y aunque nuestro trabajo está enfocado de forma especial hacia el alumnado, éste ha despertado interés entre el profesorado, por lo que, haciendo las oportunas modificaciones, hemos impartido cursos de formación para profesores, una experiencia muy gratificante, dado el provechoso intercambio de opiniones y de material didáctico. También hemos



Figura 1. El naufragio del Casón.

aprovechado la parte más lúdica de los experimentos y hemos preparado demostraciones para alumnado y profesorado de centros de primaria, a la vez que hemos presentado los experimentos en ferias de la ciencia y congresos como «Ciencia en Acción», así como en algunos otros eventos en los que se ponga de manifiesto el acercamiento de la ciencia al público.

El conjunto de las experiencias elaboradas abarca todos los contenidos teóricos de las programaciones de las materias de secundaria, sobre todo, de la química de segundo de bachillerato. Los títulos de las experiencias hacen referencia a algún aspecto vistoso o llamativo del desarrollo experimental. Las experiencias están diseñadas por nosotros, después de múltiples ensayos, y los montajes experimentales son en la mayoría de los casos de elaboración propia, siendo esto la clave del éxito de muchas de nuestras demostraciones. Para llevar a cabo la ardua tarea que este trabajo lleva consigo, nos reunimos periódicamente en el labo-

ratorio de química de alguno de nuestros institutos, dado que nuestros centros de trabajo en la actualidad son distintos.

En esta ocasión, hemos seleccionado una de las experiencias, que, a nuestro parecer, tiene un gran interés por la sencillez de su realización y por el aprovechamiento didáctico que presenta.

El primer problema ante la asignatura de Física y química era que los alumnos se acercaban con desconfianza, considerándola incomprendible, difícil y poco relacionada con su vida diaria.

Hemos buscado sorprender al alumnado para captar su atención y después hemos aprovechado ese interés inicial para profundizar en contenidos teóricos

El contexto: accidente en la Costa da Morte

El 5 de diciembre del año 1987, cuando alguno de los componentes del grupo trabajábamos en el IES Alfredo Brañas de Carballo, en la costa da Morte, sucedió un acontecimiento que revolucionó las vidas de los habitantes de esta comarca coruñesa por algún tiempo, un hecho que constituyó la noticia de apertura de los telediarios de aquella semana y que fue titular de portada de los periódicos. Era un desastre ecológico que tenía que ver con nuestra especialidad, la química.

Muchos recordaremos aquel accidente marítimo en el que un carguero de bandera panameña llamado *Casón* (figura 1) transportaba algún producto que, en los primeros momentos, no se sabía muy bien qué era, pero que producía unas tremendas explosiones en el mar y originaba nubes de gas que, a su vez, también ardían. La alarma social fue enorme, la población de la costa abandonaba sus viviendas, fueron desalojados colegios, fueron habilitadas instalaciones para proteger a la población y las autoridades adoptaron medidas excepcionales mientras duró el espectacular incendio. Posteriormente, se decidió trasladar lo que se salvó de la carga a la costa norte de Galicia, a la factoría de Alúmina-Aluminio (hoy ALCOA), sin aclarar el contenido de la misma, generando de nuevo el pánico en los habitantes de los pueblos por los que pasaba la mercancía durante su traslado y provocando que los trabajadores de la factoría de destino abandonasen la misma, con los consecuentes perjuicios económicos. A medida que pasaba el tiempo y la situación se calmaba, se empezaron a conocer los primeros datos: el cargamento contenía, entre otros productos químicos, sodio.

El accidente desde el punto de vista de la clase de química

EXPERIMENTO 1

Como químicos, nos dimos cuenta en seguida de lo que había ocurrido en el accidente y pensamos que podíamos utilizar el contexto para introducir algunos conceptos de la química.

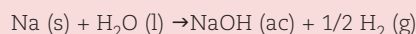
En el laboratorio reproducimos el famoso naufragio del *Casón*. Para ello, se elaboran dos barcos de papel de filtro de tamaño parecido, se introduce en el interior de uno de ellos un trozo pequeño de sodio metal (del tamaño de una lenteja) y se tapa con el otro barco para evitar salpicaduras (figura 2).



Figura 2. Cargando el barquito de papel.

Se llena el fregadero con agua del grifo (o se prepara una cubeta dispuesta para tal fin) y, con cuidado, se pone el barquito en el «mar». Al cabo de unos segundos, se observa el barquito ardiendo, efecto que se produce como consecuencia del contacto del sodio del barquito de papel con el agua (figura 3).

La reacción del sodio y el agua produce hidróxido de sodio e hidrógeno.



Esta experiencia tan espectacular y atractiva la utilizamos para explicar algunos contenidos y conceptos de la química. En concreto, la química de los metales alcalinos, la termoquímica de las reacciones, las propiedades del hidrógeno y su posible utilidad como combustible y las propiedades ácidas y básicas (formación de hidróxido de sodio). También se tratan temáticas como las medidas de seguridad en el transporte marítimo, la importancia del doble casco (que comparamos con el hecho de que en el montaje se utilizan dos barquitos encajados) y, en general, consideraciones químicas y medioambientales que puedan estar relacionadas con esta reacción.



Figura 3. Barquito de papel ardiendo.

Reactivos

Sodio metal
Agua del grifo

Materiales

2 barquitos de papel de filtro
Cubeta grande o fregadero

Realizando la reacción en condiciones de mayor seguridad

EXPERIMENTO 2

Uno de los problemas de las reacciones fuertemente exotérmicas, como la reacción entre el sodio y el agua, es que, debido a su virulencia, son muy difíciles de observar, al margen de su evidente peligrosidad.

Se propone a los alumnos la realización de la misma reacción que en el experimento 1, pero de una manera segura y controlada, lo que nos permite el posterior aprovechamiento didáctico de la misma.

En una probeta de 1 L se introduce una cantidad de aproximadamente 500 mL de agua y se añaden unas gotas de fenolftaleína. A continuación, sobre esta capa acuosa, se añaden aproximadamente 300 mL de hexano. Se corta un pequeño trozo de sodio metal, del tamaño aproximado de una lenteja, y se introduce con cuidado en la probeta para, seguidamente, observar la reacción. La figura 4 muestra cómo se dispone el contenido de la probeta.

Esta forma de realizar la experiencia nos permite:

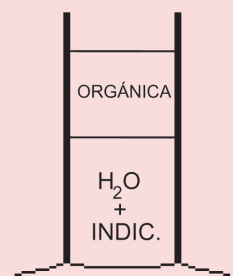


Figura 4. Esquema del contenido de la probeta.

- Ver la formación de las burbujas de hidrógeno.
- Observar el cambio de color del indicador (rosa fucsia en medio básico).
- Notar el carácter exotérmico de la reacción, puesto que los alumnos pueden tocar la probeta.
- Mostrar que la reacción se produce justo en la interfase entre la fase acuosa y la orgánica.

Otros aspectos del currículo que trabajamos son los relacionados con las densidades del sodio, el agua y el hexano; la flotabilidad; las propiedades de las sustancias que les permiten ser miscibles o no miscibles, así como la no reactividad de los metales alcalinos con los compuestos orgánicos apolares. Esta propiedad facilita su almacenamiento.



Reactivos
Sodio metal
Agua del grifo
Hexano
Fenolftaleína

Materiales
Probeta de 1L

Figura 5. Reacción del sodio en agua en presencia de un indicador y de hexano.

Una variación de este montaje consiste en utilizar un kitasato en lugar de la probeta. Al taponar el kitasato, el hidrógeno generado sale por la boca lateral, y al acercar un mechero con la debida precaución, se observa que el hidrógeno arde de una manera controlada. Esto permite, de nuevo, recordar a los alumnos la utilización del hidrógeno como combustible. Dada la peligrosidad de esta reacción, la realizamos siempre como una demostración.

Los alumnos observan, participan y responden por escrito a una serie de cuestiones, algunas de las cuales se muestran en el cuestionario 1, cuya finalidad es contribuir a un mejor aprovechamiento didáctico.

Cuestionario 1

1. Busca, en las hemerotecas o en internet, noticias de la época (año 1987) referidas al naufragio del buque Casón.

2. Sitúa el sodio en su grupo del sistema periódico e indica las propiedades físicas y químicas generales de los elementos de este grupo.

3. Diferencia entre reacción exotérmica y endotérmica. ¿A qué tipo de reacción corresponde ésta?

4. Criterios de espontaneidad de las reacciones químicas. ¿En qué grupo estaría clasificada esta reacción?

5. ¿A qué es debida la coloración aparecida en el agua?

6. ¿Piensas que la reacción se puede hacer con cualquier otro disolvente orgánico? Justifica tu respuesta consultando las densidades de las sustancias implicadas: agua, hexano y sodio metal.

7. ¿Qué influencia tiene la fase orgánica para evitar la reacción tan violenta que se produce cuando el sodio está en contacto directo con el agua?

8. ¿Por qué el trozo de sodio asciende y desciende en la capa de hexano?

9. ¿Por qué reaccionan de forma tan violenta los metales alcalinos con el agua?

10. ¿Qué otras formas tenemos de producir hidrógeno? ¿Puede ser una alternativa a los combustibles fósiles? ¿Su uso contribuiría a la solución del problema del cambio climático?

Buscando un uso cuantitativo de la reacción

EXPERIMENTO 3

La reacción entre el sodio y el agua puede realizarse a escala más pequeña con el fin de poder realizar una extracción y una posterior valoración de la solución acuosa resultante.

Para realizar este experimento, hay que proceder de la siguiente manera:

- Pesar aproximadamente 0,2 g de sodio (el tamaño de una lenteja) en un vidrio de reloj. Para cortar el sodio hay que usar un cuchillo o cúter sobre un papel de filtro seco y limpio y no tocar el sodio con una espátula mojada ni colocarlo sobre un vidrio de reloj húmedo.
- Preparar una probeta de 100 mL con 50 mL de agua, unas gotas de fenolftaleína y añadir 25 mL de hexano.
- Introducir el trocito de sodio con cuidado en la probeta, utilizando unas pinzas, y esperar hasta que todo el sodio haya reaccionado.
- Separar la fase acuosa de la orgánica mediante un embudo de decantación. Recoger el hexano en un recipiente adecuado para su reciclado.
- Conservar la fase acuosa para realizar la valoración.

La solución básica se puede valorar con una disolución de HCl 0,1 mol·dm⁻³. La valoración pueden hacerla los estudiantes como trabajo experimental. En la bureta se introduce la disolución de ácido clorhídrico. En el erlenmeyer se introducen 25 mL de la solución acuosa de hidróxido sodio obtenida tras la separación con el embudo de extracción.

Los alumnos realizan los cálculos para encontrar la concentración de hidróxido de sodio y contrastan el valor encontrado con el de la concentración de esta disolución calculado a partir de la masa de sodio utilizada.

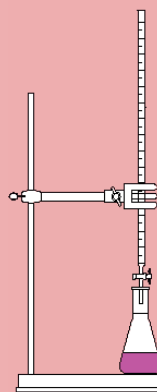
Si el volumen total de agua en la probeta era de 50 mL y la masa de sodio era de 0,20 g, la solución de hidróxido de sodio tendría una concentración 0,17 mol·dm⁻³.

Reactivos

Sodio metal
 Agua destilada
 Hexano
 Fenolftaleína
 HCl 0,1 mol·dm⁻³

Materiales

Probeta de 100 mL
 3 erlenmeyer
 Bureta de 25 mL o 50 mL
 Pipeta de 25 mL
 Embudo cónico
 Embudo de decantación de 250 mL
 Aro para sujetar el embudo de decantación
 Soportes, pinzas y nueces
 Balanza
 Vidrio de reloj
 Espátula y cúter



En este caso, los alumnos también responden por escrito a un cuestionario que incide en los aspectos cuantitativos del trabajo experimental (cuestionario 2).

Cuestionario 2

- a) ¿Qué concentración en hidróxido de sodio debe tener la solución alcalina, si suponemos que el rendimiento de la reacción del sodio con el agua y el proceso de extracción posterior son del 100 %?
- b) ¿Qué concentración has encontrado al hacer la valoración?
- c) De la comparación del cálculo teórico con el de la determinación práctica que has hecho, ¿cuál es el rendimiento?
- d) ¿A qué causas atribuyes el rendimiento que obtuviste?

Respuestas de los alumnos a uno de los cuestionarios

Como ejemplo de los resultados obtenidos, adjuntamos una síntesis de las respuestas del alumnado al cuestionario 1 para que pueda servir de orientación para el profesorado.

1. Busca, en las hemerotecas o en internet, noticias de la época (año 1987) referidas al naufragio del buque *Casón*.

Era un buque panameño que naufragó en la costa gallega. En el buque había explosiones, la gente no sabía lo que pasaba y huyó asustada. El buque tenía sodio.

2. Sitúa el sodio en su grupo del sistema periódico e indica las propiedades físicas y químicas generales de los elementos de este grupo.

Es un metal alcalino. Está situado en el grupo 1, periodo 3. Es un metal muy blando, brillo metálico, fácil de oxidar. Se guarda en benceno porque es muy reactivo con el agua.

3. Diferencia entre *reacción exotérmica y endotérmica*. ¿A qué tipo de reacción corresponde ésta?

Exotérmica: desprende calor; endotérmica: absorbe calor. Esta es una reacción exotérmica.

4. Criterios de espontaneidad de las reacciones químicas. ¿En qué grupo estaría clasificada esta reacción?

Es una reacción espontánea siempre.

5. ¿A qué es debida la coloración aparecida en el agua?

A que en la reacción se forma NaOH, que es básico, y la fenolftaleína en medio básico es rosa.

6. ¿Piensas que la reacción se puede hacer con cualquier otro disolvente orgánico? Justifica tu respuesta consultando las densidades de las sustancias implicadas: agua, hexano y sodio metal.

Tiene que ser en un disolvente menos denso que el agua y que no reaccione con ella.

7. ¿Qué influencia tiene la fase orgánica para evitar la reacción tan violenta que se produce cuando el sodio está en contacto directo con el agua?

El sodio no reacciona con la fase orgánica y así se evita que la reacción sea peligrosa.

8. ¿Por qué el trozo de sodio asciende y desciende en la capa de hexano?

Porque reacciona al entrar en contacto con el agua: se forma hidrógeno, que lo impulsa y asciende.

9. ¿Por qué reaccionan de forma tan violenta los metales alcalinos con el agua?

Porque tienen una energía de ionización muy baja.

10. ¿Qué otras formas tenemos de producir hidrógeno? ¿Puede ser una alternativa a los combustibles fósiles? ¿Su uso contribuiría a la solución del problema del cambio climático?

No lo sé. Se podría obtener hidrógeno por la electrolisis del agua. De momento, su obtención es muy cara.

Bibliografía

- LISTER, T. (1996). *Classic chemistry demonstrations*. Vol. 1, 2 y 3. Londres: The Royal Chemical Society.
- DALE ALEXANDER, M. (1992). «Reactions of the alkali metals with water: A novel demonstration». *J. Chem. Educ.*, 69: 418-419.
- FERNÁNDEZ, F.; SANTABALLA, J. A. (1988). «A Maxia da Química». *Boletín das Ciencias*, 1: 41.
- GILBERT, G.; ALYEA, H. N.; DUTTON, F. B.; DREISBACH, D. [ed.] (1994). *Tested demonstrations in chemistry and selected demonstrations*. Vol. 1 y 2. Granville, Ohio: Denison University. Department of Chemistry.



Los cuatro miembros del grupo «A Maxia da Química» son profesores de educación secundaria de física y química y tecnología en distintos institutos de Galicia:

Constantino Álvarez Muíña

es catedrático de física y química del IES Rosalía de Castro de Santiago de Compostela. C. e. a.m.tino@edu.xunta.es

M. Elena López Prada

es catedrática de física y química del IES Miraflores de Oleiros. C. e. elena.lopez.prada@edu.xunta.es

Mercedes Neira González

es profesora de educación secundaria de física y química del IES de Ames. C. e. mercedesneira@edu.xunta.es

Mariano Pazos Afonso

es profesor de educación secundaria de física y química del IES A Sardiñeira de A Coruña. C. e. mpazoa@mundo-r.com

El grupo «A Maxia da Química» lleva alrededor de veinte años recogiendo y elaborando prácticas de laboratorio no habituales, más bien al contrario, sorprendentes, especiales, donde aparezcan colores, pequeñas explosiones, montajes especiales o cualquier efecto que pueda llamar la atención del observador. Una vez seleccionadas, las realizamos, intentando una «puesta en escena» no convencional, a veces con la colaboración del público, y las adaptamos al nivel de los alumnos. Con posterioridad, elaboramos material didáctico relacionado con la práctica.

En el curso 2005-2006, la Xunta de Galicia nos concedió un premio a la innovación educativa por el trabajo realizado hasta ese momento.